



⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 15 591 A 1**

⑤① Int. Cl.⁸:
H 01 L 23/525
H 01 L 21/768

⑳ Aktenzeichen: 195 15 591.2
㉒ Anmeldetag: 28. 4. 95
㉓ Offenlegungstag: 19. 10. 95

DE 195 15 591 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

㉑ **Anmelder:**

Schröder, Hans-Ulrich, Dipl.-Ing., 30165 Hannover,
DE; Uffmann, Dirk, Dr.-Ing., 30163 Hannover, DE

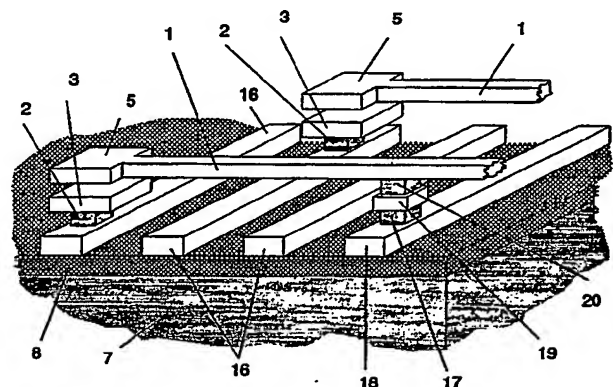
㉒ **Erfinder:**

gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ **Anordnung und Verfahren zum nachträglichen Formieren von elektrisch leitenden Verbindungen zwischen dielektrisch isolierten Leitbahnen in mikroelektronischen Schaltungen mit mehr als zwei Metallisierungslagen durch Laserstrahlung, sowie die Implementierung dieser Anordnung**

⑤⑦ Die elektrischen Kontakte der bisher bekannten Laserkontaktstrukturen mit Zweilagennmetallisierungen werden ausschließlich durch das Material aus der unteren Metallisierungsebene (3) gebildet. Die Ausbeute an formierten elektrischen Kontakten mit geringen Widerständen sinkt dabei, wenn die Schichtdicke der unteren Metallisierung (3) reduziert bzw. die des Intermetallisators erhöht wird. Bei der neuen Kontaktstruktur wird ein Via (2) als zusätzliches Materialreservoir zur Verfügung gestellt. Für die nachträgliche Formierung der elektrisch leitenden Verbindung ist daher bei der neuen Kontaktstruktur ausreichend Material vorhanden. Die Kontaktstruktur erfordert keine zusätzlichen Prozessschritte und läßt sich platzsparend in redundant ausgelegten Bussystemen implementieren. Das Prozeßfenster für die Kontaktformierung ist größer als bei bisher bekannten Kontaktstrukturen. Die Formierung der Kontaktstruktur ermöglicht eine Ausbeutesteigerung bei großflächig monolithisch integrierten Schaltungen mit redundant ausgelegten Bussystemen und kann zur On-Chip-Speicherung von Informationen eingesetzt werden.



DE 195 15 591 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 08. 95 508 042/718

11/28

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung und ein Verfahren zum nachträglichen Formieren von elektrisch leitenden Verbindungen zwischen dielektrisch isolierten Leitbahnen in mikroelektronischen Schaltungen mit mehr als zwei Metallisierungslagen durch Laserstrahlung, sowie die Implementierung dieser Anordnung.

Eine bevorzugte Anwendung der Erfindung besteht in der Kontaktformierung zwischen Signalleitungen und redundanten Signalleitungen bei redundant ausgelegten Bussystemen in großflächig monolithisch integrierten Schaltungen (GIS).

Großflächig monolithisch integrierte Schaltungen mit einer Siliziumfläche von z. B. 16 cm² bis im Extremfall zur Fläche eines Wafers ermöglichen die Realisierung von Rechenleistungen in Giga-Operationen pro Sekunde (GOPS) auf einem einzelnen Chip bei gleichzeitig geringerem Platzbedarf, höherer Zuverlässigkeit, reduzierter Pinzahl, geringerer Leistungsaufnahme bzw. Verlustwärme und reduziertem Gewicht gegenüber einer Lösung mit mehreren Einzelchips auf einer Platine. Eine Multi-Chip-Modul-Lösung besitzt gegenüber großflächig integrierten Schaltungen darüber hinaus den Nachteil, daß sie erst nach der Montage der Einzelchips testbar ist. Problematisch ist bei großflächig monolithisch integrierten Schaltungen jedoch, daß bei der Chipfertigung die Ausbeute Y aufgrund einer unvermeidbaren Defektdichte D mit ansteigender Siliziumfläche A abhängig vom Clusterfaktor α sinkt:

$$Y = \left(1 + \frac{A \cdot D}{\alpha}\right)^{-\alpha} \quad (1)$$

Die wirtschaftliche Herstellung einer funktionsfähigen, großflächig monolithisch integrierten Schaltung erfordert daher die redundante Auslegung einzelner Untereinheiten. Da häufig Defekte in den Metallisierungen auftreten und ein defektfreies Bussystem für die Kommunikation zwischen den Untereinheiten einer GIS erforderlich ist, wird in der Regel das Bussystem mit redundanten Signalleitungen versehen. Die Verbindung der Signalleitungen im Bus mit den redundanten Signalleitungen erfolgt durch das Formieren elektrischer Kontakte an Kontaktstrukturen mit einem Laser.

Als Verfahren zur Kontaktformierung sind bisher bekannt:

- 1) die laserunterstützte Abscheidung von elektrisch leitenden Materialien (LECVD: Laser Enhanced Chemical Vapor Deposition), R. M. Osgood, et al., Ann. Rev. Mat. Sci. 15, 1985, S. 549 ff,
- 2) die laserunterstützte Diffusion von Dotierstoffen, G. H. Chapman, et al., Proc. Intern. Conf. on Wafer Scale Integration, San Franc., CA, 1989, S. 21—29,
- 3) die lasergetriebene Legierung von Aluminium und α -Silizium, G. H. Chapman, et al., C.&W. Moore, Adam Hilger Publishing, Bristol, 1986, S. 204—215 und
- 4) das Kontaktieren von Leitbahnen an Überkreuzungsstellen von Leitbahnaufweitungen mit kurzen Pulsen der Laserstrahlung, L. Kuhn, et al., IEEE Journ. of Solid-State Circ., Vol. SC-10 No. 4, 1975, S. 219 ff.

Alle Verfahren werden an unterschiedlichen Kontaktstrukturen durchgeführt. Nachteile des ersten Verfahrens sind der hohe apparative Aufwand, zum Teil werden toxische Gase eingesetzt, und die Verletzung von Designregeln beim Design der zu diesem Verfahren notwendigen Kontaktstruktur. Nachteile der Kontaktstruktur beim zweiten genannten Verfahren sind der erforderliche hohe Platzbedarf der Kontaktstruktur, die erhöhte Anzahl von Laserbearbeitungen bei der Kontaktformierung und die höheren Kontaktwiderstände. Von Nachteil beim dritten Verfahren ist die Notwendigkeit von zusätzlichen Prozessschritten im CMOS-Prozeß. Zur Fertigung von großserienmäßig produzierten GIS kommt insbesondere die Kontaktformierung nach dem vierten genannten Verfahren in Frage, da die Kontaktstruktur in Standard-CMOS-Prozessen zu fertigen ist, die Kontaktwiderstände klein sind und der apparative Aufwand geringer ist als bei den ersten drei Verfahren.

Bisher existieren 3 Kontaktstrukturen für die Formierung von vertikalen Laserkontakten an Überkreuzungsstellen von Leitbahnaufweitungen:

- 1) die Struktur mit übereinanderliegenden Pads, H.-D. Hartmann, et al., SPIE Vol. 2090 Multilevel Interconnection, 1993, S. 146—160,
- 2) die Struktur mit Rahmen, J. B. Bernstein, IEEE Trans. on Comp., Pack. and Manufac. Tech.-Part A, Vol. 17, No. 4, Dec. 1994 und
- 3.) die Struktur mit Rahmen ohne Leitbahnaufweitung in unterer Metallisierung, J. B. Bernstein, IEEE Trans. on Comp., Pack. and Manufac. Tech.-Part A, Vol. 17, No. 4, Dec. 1994.

Alle Strukturen gibt es mit passivierter und depassivierter oberer Leitbahnaufweitung. Die Depassivierung der oberen Leitbahnaufweitung der vertikalen Laserkontaktstruktur führt zu einer reduzierten Lebensdauer des formierten Laserkontakts. Die Anordnung mit Rahmen wie die Anordnung mit Rahmen ohne Leitbahnaufweitung in unterer Metallisierung besitzen darüber hinaus den Nachteil, daß sie gegen Designregeln verstoßen. Für die Großserienfertigung eignet sich daher insbesondere die dritte Kontaktstruktur mit übereinanderliegenden Pads ohne Depassivierung der oberen Leitbahnaufweitung.

Bisher versagen die drei genannten Kontaktstrukturen ohne Depassivierung, wenn das Verhältnis n der Schichtdicke der unteren Metallisierungsebene d_M zur Schichtdicke des Intermetallisators d_I reduziert wird, da der formierte Laserkontakt nur mit dem Material aus der unteren Metallisierungsebene gebildet wird.

Untersuchungen haben gezeigt, daß das zur Verfügung stehende Material in der ersten Metallisierungsebene ab einem Verhältnis:

$$n = \frac{d_M}{d_I} \leq 0,6 \quad (2)$$

5

nicht mehr ausreicht, um die leitende Berandung am Intermetallisator zwischen zwei Metallisierungsebenen zu bilden. Infolgedessen sinkt die Ausbeute an formierten Laserkontakten. Die Schichtdicke der unteren Metallisierung kann nicht ohne weiteres erhöht werden, da die Kontaktformierung als zusätzlicher Prozeßschritt an vorherige Prozeßschritte und deren Spezifikationen adaptierbar sein muß.

10

Das neuartige an der Erfindung ist, daß eine vorgefertigte Leitbahnverbindung zwischen zwei Metallebenen, ein sogenanntes Via, als Materialreservoir für die Bildung des Kontaktes zur Verfügung gestellt wird. Vorausgesetzt wird dabei, daß mindestens 3 Metallisierungsebenen verfügbar sind.

Die Erfindung wird nun anhand von Zeichnungen von Ausführungs- und Anwendungsbeispielen erläutert.

15

Fig. 1A zeigt eine schematische Aufsicht der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via und einer Leitbahn in der mittleren Metallisierungsebene.

Fig. 1B zeigt eine schematische Aufsicht der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via und einer Leitbahn in der unteren Metallisierungsebene.

Fig. 2A erläutert einen Querschnitt der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via und einer Leitbahn in der mittleren Metallisierungsebene.

20

Fig. 2B erläutert einen Querschnitt der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via und einer Leitbahn in der unteren Metallisierungsebene.

Fig. 3A zeigt eine schematische Aufsicht der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via, dem Rahmen in oberer Metallisierungsebene und einer Leitbahn in der mittleren Metallisierungsebene.

25

Fig. 3B zeigt eine schematische Aufsicht der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via, dem Rahmen in oberer Metallisierungsebene und einer Leitbahn in der unteren Metallisierungsebene.

Fig. 4A erläutert einen Querschnitt der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via, dem Rahmen in oberer Metallisierungsebene und einer Leitbahn in der mittleren Metallisierungsebene. Die Kontaktstruktur ist depassiviert.

30

Fig. 4B erläutert einen Querschnitt der Kontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via, dem Rahmen in oberer Metallisierungsebene und einer Leitbahn in der unteren Metallisierungsebene. Die Kontaktstruktur ist depassiviert.

Fig. 5 erklärt die zweistufige Kontaktformierung der vertikalen Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via durch Laserstrahlung.

35

Fig. 6 zeigt eine dreidimensionale Implementierung der vertikalen Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via in einem redundant ausgelegten Bussystem.

Fig. 7 illustriert schematisch eine Implementierung der vertikalen Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via in einem redundant ausgelegten Bussystem.

Fig. 8 zeigt eine dreidimensionale Implementierung der vertikalen Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via in einem redundant ausgelegten Bussystem. Dabei befinden sich die redundanten Signalleitungen in einer Metallisierungsebene, die über der der Signalleitungen liegt.

40

Fig. 9 erklärt schematisch die Anwendung der vertikalen Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via zur On-Chip-Speicherung von Information bei Verwendung einer Lasertrennstelle.

Fig. 10 zeigt eine weitere Topographie zur On-Chip-Speicherung von Information mit dem Vorteil, daß nur eine Bearbeitungsposition für die Laserbearbeitung erforderlich ist.

45

Fig. 1A und 1B zeigen die vertikale Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via. Eine Leitbahn 1 in der oberen Metallisierungsebene endet in einer Leitbahnaufweitung 5. In der Metallebene unter der Leitbahnaufweitung 5 befindet sich eine weitere Leitbahnaufweitung 3. Die Leitbahnaufweitung 3 in der unteren Metallisierungsebene ist mit einem Via 2 fest verbunden. Das Via 2 dient als Materialreservoir bei der Kontaktformierung und ist elektrisch mit der Leitbahn 4 über die Leitbahnaufweitung 3 (Fig. 1A) oder die untere Metallisierung 6 (Fig. 1B) kontaktiert.

50

Fig. 2A und 2B zeigen einen Querschnitt durch die Erfindung unter der Annahme einer Metallisierung mit drei Lagen. Das Si-Substrat 7 ist dabei durch das Feldoxid 8 vom Laserkontakt getrennt. Über dem Feldoxid 8 befindet sich der Intermetallisator 9, der die erste 6 und die zweite 3, 4 Metallisierungsebene dielektrisch voneinander trennt. Unter der Leitbahnaufweitung 3 in zweiter Metallisierung befindet sich das Via 2. Die Leitbahnaufweitung in der dritten Metallisierungsebene 1, 5 ist durch den zweiten Intermetallisator 10 von der zweiten Metallisierung 3, 4 und durch die Passivierung 11 von außen isoliert.

55

Fig. 3A und Fig. 3B unterscheiden sich von Fig. 1A und Fig. 1B durch den Rahmen in der Leitbahnaufweitung 5 der oberen Metallisierungsebene. Der gleiche Unterschied ist beim Vergleich von Fig. 2A mit Fig. 4A sowie von Fig. 2B mit Fig. 4B zu erkennen.

60

Das Verfahren zur Formierung eines vertikalen Laserkontaktes mit einem zusätzlichen Materialreservoir ist ein zweistufiger Prozeß, der in der Fig. 5 erklärt wird. Vor der Formierung des Laserkontaktes sind die Leitbahnen in oberer 5 und mittlerer 3, 4 Metallisierungsebene durch den Intermetallisator 10 elektrisch voneinander isoliert. Der erste Laserpuls durchdringt die transparente Passivierung 11 und wird von der oberen Metallschicht 5 absorbiert. Die noch intakte Passivierung 11 verhindert im ersten Moment ein Verdampfen, und es bildet sich eine überhitzte Schmelze. Ist der Berstdruck erreicht, wird flüssiges Material 13 durch die Expansion der Schmelze an der Berandung 12 ausgetrieben. Eine optimale Intensität für diesen Prozeß liegt im

65

Bereich dicht oberhalb der Verdampfungsschwelle, da dann der Anteil an flüssigem Materialauswurf besonders hoch ist. Die obere Metallisierung 5 und die Passivierung 11 sind nach der ersten Stufe des Prozesses im Bereich der Einflußzone entfernt. Für den zweiten Puls zeigt sich eine ähnliche Situation. Das transparente Dielektrikum 10 bedeckt die mittlere Metallisierung 3, 4 mit dem Via 2. Wieder wird das Metall aus der mittleren Metallisierungsebene 3, 4 und dem Via 2, das als Materialreservoir dient, in der flüssigen Phase entlang der Berandung 14 des Dielektrikums 10 ausgetrieben. Dieser Vorgang wird noch durch die Kapillarkräfte unterstützt. So bildet eine Zylinderwand im Kontaktloch die leitende Verbindung zwischen zwei Leitbahnen.

Untersuchungen haben gezeigt, daß die Formierung von vertikalen Laserkontakten mit elektrischen Widerständen kleiner gleich $3\ \Omega$ mit Hilfe von gepulsten XeCl-Excimerlasern (308 nm) und Nd:YAG-Lasern (1064 nm) realisierbar ist. Die Ausbeute an Laserkontakten mit einem elektrischen Widerstand kleiner gleich $3\ \Omega$ ist dabei abhängig von den Prozeßparametern. Die Prozeßparameter der Kontaktformierung sind Energiedichte ($3\text{--}5\ \text{J}/\text{cm}^2$), Anzahl der Laserpulse ($2\text{--}4$), Pulsfrequenz ($1\text{--}25\ \text{Hz}$) und der Durchmesser des Laserspots bzw. die Apertur. Die Kontaktformierung läßt sich automatisieren.

Bisher sind die kleinsten Leitbahnaufweitungen der Laserkontakte mit Rahmen bzw. mit Rahmen ohne Leitbahnaufweitung in unterer Metallisierung $4 \times 4\ \mu\text{m}^2$ groß. Die $4 \times 4\ \mu\text{m}^2$ Laserkontakte mit Rahmen bzw. mit Rahmen ohne Leitbahnaufweitung in unterer Metallisierung besitzen dabei deutlich schlechtere elektrische Eigenschaften als die bisher bekannten Laserkontakte mit übereinanderliegenden Pads. Bei den Laserkontakten mit Rahmen bzw. mit Rahmen ohne Leitbahnaufweitung in unterer Metallisierung wird ein Kontaktwiderstand von $25\ \Omega$ zugelassen. Bei einem Grenzwert von $3\ \Omega$ entsprechend der Kontaktstruktur mit übereinanderliegenden Pads würde die Ausbeute nur noch etwa 55% betragen. Es ist anzunehmen, daß den angesprochenen $4 \times 4\ \mu\text{m}^2$ Laserkontakten zu wenig Material zur Verfügung steht, um eine elektrisch leitende Berandung mit geringerem Widerstand zu formieren. Darüber hinaus liegt der kritische Strom der Kontaktstrukturen bei 125°C zwischen 4 und 8 mA, während er bei den untersuchten Laserkontakten mit übereinanderliegenden Pads größer als 200 mA ist, was die Annahme, daß bei den $4 \times 4\ \mu\text{m}^2$ Laserkontakten zu wenig Material zur Bildung der elektrischen Verbindung vorhanden ist, unterstützt.

Die kleinsten bisher realisierten Leitbahnaufweitungen der Laserkontakte mit übereinanderliegenden Pads sind $9,6 \times 9,6\ \mu\text{m}^2$ groß. Bei Laserkontakten mit übereinanderliegenden Pads bestehend aus Sandwichmetallisierungen mit z. B. Ti/TiN/Ti/AlCu_{0,5%}/TiN zeigte sich, daß das Material in erster Metallisierung bei $n < 0,6$ nicht ausreicht, um die elektrisch leitende Berandung bzw. einen Laserkontakt mit einem Widerstand kleiner gleich $3\ \Omega$ mit einer Wahrscheinlichkeit größer als 90% zu bilden. Da die Laserkontaktstrukturen mit Rahmen bzw. mit Rahmen ohne Leitbahnaufweitung in unterer Metallisierung nicht mehr Material für die Kontaktformierung zur Verfügung stellen als die Laserkontakte mit übereinanderliegenden Pads, gilt für sie zumindest genau die gleiche Grenze von $n < 0,6$. Die Erfindung liefert nun ein Materialreservoir 2, daß das Problem des zu wenig zur Verfügung stehenden Materials für die Formierung der elektrisch leitenden Berandung beseitigt. Der wesentliche Vorteil der Erfindung ist, daß das Verhältnis n unter Annahme von gleichen Intermetallisatorschichtdicken im Chip immer größer als eins ist. Es ist zu erwarten, daß die Ausbeute an formierten Laserkontakten mit einem Widerstand kleiner gleich $3\ \Omega$ bei Anwendung der Erfindung steigt, und daher die Fertigung von GIS mit höheren Ausbeuten als bisher realisiert werden kann. Die Erfindung widerspricht weder den Fertigungsregeln noch den Designregeln in einem CMOS-Prozeß mit mehr als zwei Metallisierungslagen. Es ist zu erwarten, daß sich die Erfindung mit kleinerem Platzbedarf als $9,6 \times 9,6\ \mu\text{m}^2$ bei gleichen elektrischen Eigenschaften formieren läßt. Darüber hinaus ist abzusehen, daß der Prozeßparameter Anzahl der Laserpulse bei Verwendung der Erfindung nicht wie bisher der entscheidende Prozeßparameter ist, da die Gefahr der Bildung eines Substratkontaktes durch den größeren Abstand zum Substrat reduziert wird. Das Prozeßfenster der Kontaktformierung wird daher größer. Die Erfindung stellt damit eine deutliche Verbesserung gegenüber bisherigen vertikalen Laserkontaktstrukturen dar. Die Erfindung läßt sich hervorragend in Bussystemen implementieren.

Bisherige Kontaktstrukturen in einem redundant ausgelegten Bussystem werden zu einer Konfigurationsmatrix zusammengefaßt. In der Konfigurationsmatrix können die Signalleitungen und redundanten Leitungen an den Kontaktstrukturen durch Laserbeschuß elektrisch verbunden werden. Wird z. B. vom Digitaltester ein Kurzschluß zwischen zwei Signalleitungen beim Bustest lokalisiert, können diese beiden Leitungen in den Konfigurationsmatrizen vor und hinter dem Kurzschluß getrennt werden. Ein Konfigurationsalgorithmus bestimmt noch freie redundante Leitungen. Die ermittelten redundanten Leitungen werden am Eingang der ersten und am Ausgang der zweiten Konfigurationsmatrix abgetrennt und an vertikalen Laserkontaktstellen in den Konfigurationsmatrizen mit den Signalleitungen kontaktiert, J. Otterstedt, et al, Proc. Intern. Conf. on Wafer Scale Integration, San Franc., CA, 1994, S. 315—323.

Bisherige Konfigurationsmatrizen beanspruchen einen erheblichen Platzbedarf, da die in den redundanten Leitungen integrierten Kontaktstrukturen einen größeren Leitbahnabstand zwischen den redundanten Leitungen erfordern. Für eine sichere Bilderkennung bei der Automatisierung des Verfahrens zur Laserkontaktformierung ist bei den bisher bekannten Kontaktstrukturen als Leitbahnabstand die doppelte laterale Ausdehnung der Leitbahnaufweitung der Kontaktstruktur notwendig. Für einen $0,8\text{-}\mu\text{m}$ -CMOS-Prozeß bei Implementierung von $10 \times 10\ \mu\text{m}^2$ Laserkontakten ist dann der Leitbahnabstand zwischen den redundanten Leitungen 20mal so groß wie zwischen den Signalleitungen im Bus. Der erhöhte Platzbedarf in den Konfigurationsmatrizen wird nur durch die Kontaktstrukturen verursacht, da sich Trennstellen platzsparend in eine Leitung integrieren lassen. Die Erfindung bezieht sich auf eine Implementierung der vertikalen Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir in eine dreidimensionale Konfigurationsmatrix nach Fig. 6. In Fig. 6 ist schematisch ein Ausschnitt aus einer dreidimensionalen Konfigurationsmatrix mit dem Bus bestehend aus den Signalleitungen 16 sowie einer redundanten Signalleitung 18 zu sehen. Der Bus ist vom Substrat 7 durch das Feldoxid 8 isoliert. Die Signalleitungen können durch Formieren der vertikalen Laserkontaktstruktur, bestehend aus dem Materialreservoir 2, den Leitbahnaufweitungen 3 und 5 mit den redundanten Signalleitungen elektrisch verbunden werden. So ist eine

mögliche Verbindung zwischen der Signalleitung 16 und der redundanten Signalleitung 18 über eine formierte Kontaktstruktur, bestehend aus dem Materialreservoir 2, den Leitbahnaufweitungen 3 und 5, der kreuzenden Verbindungsleitung 1, einem Via 20, der Metallisierung 19 und dem Via 17 dargestellt.

Die Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir 2 in der dreidimensionalen Konfigurationsmatrix reduziert den lateralen Platzbedarf in einer Ebene gegenüber bisherigen Konfigurationsmatrizen vollständig, da redundante Leitungen und Signalleitungen mit minimalem Leitbahnabstand und die Kontaktstrukturen in einer Ebene über den Leitbahnen implementiert sind. Hierarchische Redundanz kann in der Konfigurationsmatrix durch die mehrfache Implementierung der Verbindung 16, 2, 3, 5, 1, 20, 19, 17 und 18 zwischen Signalleitungen und redundanten Signalleitungen realisiert werden.

Darüber hinaus zeigt Fig. 8, daß die redundanten Signalleitungen 18 in den Zwischenräumen zweier Signalleitungen 16 in einer höheren Metallisierungsebene angeordnet werden können. Die Signalleitungen sind wiederum durch das Feldoxid 8 vom Substrat 7 isoliert. Der laterale Platzbedarf der in Fig. 8 dargestellten dreidimensionalen Konfigurationsmatrix wird so noch weiter reduziert. Hierarchische Redundanz kann durch die mehrfache Implementierung der Verbindung 16, 17, 19, 20, 27, 28, 1, 5, 3, 2 und 18 zwischen Signalleitungen und redundanten Signalleitungen realisiert werden. Wie bei den bisher bekannten Konfigurationsmatrizen sind bei dieser dreidimensionalen Konfigurationsmatrix die Kontaktstrukturen den redundanten Signalleitungen zugeordnet, da der untere Teil der vertikalen Kontaktstrukturen, bestehend aus der Leitbahnaufweitung 3 und dem Materialreservoir 2, elektrisch mit der redundanten Leitung 18 verbunden ist. Für diese Anordnung sind jedoch mindestens vier Metallisierungslagen erforderlich.

Des weiteren kann die dreidimensionale Konfigurationsmatrix noch dadurch erweitert werden, daß die redundanten Leitungen in den Konfigurationsmatrizen getrennt sind. Dafür ist jedoch mindestens eine Laserkontaktstruktur mit dem Materialreservoir Via vor und nach der Trennung der redundanten Leitung bzw. die Implementierung von hierarchischer Redundanz erforderlich, weil sonst nur ein Defekt pro Signalleitung isoliert werden könnte. Eine Anordnung für solch eine dreidimensionale Konfigurationsmatrix ist in Fig. 7 schematisch zu sehen. Die vertikale Kontaktstruktur 21 ist dabei symbolisch abgebildet. Beliebige Signalleitungen 16 können an Lasertrennstellen 22 getrennt und über die vertikale Verbindung 24, 23 bei Formieren einer Kontaktstruktur 21 mit den redundanten Signalleitungen 18 elektrisch verbunden werden. Angenommen es befindet sich vor der in Fig. 7 dargestellten dreidimensionalen Konfigurationsmatrix eine offene Signalleitung im Bus, so kann diese defekte Signalleitung in einer Konfigurationsmatrix, die sich vor dem Defekt befindet, an einer Lasertrennstelle 22 getrennt werden und durch die Formierung einer elektrischen Verbindung 21, 24, 23 mit einer redundanten Leitung 18 verbunden werden. Schließlich kann das auf der redundanten Signalleitung geführte Signal in der hinter dem Defekt folgenden dreidimensionalen Konfigurationsmatrix durch erneutes Formieren der Verbindung 21, 24, 23 zur ursprünglichen Signalleitung 16 zurück geführt werden. Zum Ersetzen eines Leitungssegments sind demzufolge zwei Laserkontakte und zwei Lasertrennungen zu formieren.

Von Vorteil wäre bei einer Trennung der redundanten Leitungen innerhalb der Konfigurationsmatrix, wie in Fig. 7 dargestellt, daß zum Ersetzen von Signalleitungen durch redundante Leitungen die redundanten Leitungen nicht mehr wie bisher an Trennstellen getrennt werden müßten. Infolgedessen würde beim Ersetzen von Signalleitungen die Bearbeitungszeit zur Trennung einer redundanten Leitung an zwei Trennstellen gespart werden. Pro ersetzte Einzelleitung würde etwa 1/3 der Bearbeitungszeit eingespart werden. Damit würden die Kosten der Laserkonfiguration reduziert werden.

Die Erfindung kann darüber hinaus zur On-Chip-Speicherung von Informationen eingesetzt werden. Fig. 9 zeigt eine Implementierung mit Hilfe einer Lasertrennstelle. Ein Signal 26 ist im normalen Fall mit dem Potential 24 elektrisch fest verbunden, das Signal 26 kann jedoch durch die Trennung der Leitung an der Trennstelle 22 und das Formieren der vertikalen Kontaktstruktur 21 auf das Potential 25 umgelegt werden. Für die Speicherung von Information sind dabei jedoch 2 Bearbeitungspositionen (Trennstelle und Kontaktstruktur) erforderlich.

Eine mögliche Implementierung mit nur einer Bearbeitungsposition zeigt die Fig. 10. Dabei soll die Leitbahn 4, die vor Formierung des Laserkontaktes über die Leitbahnaufweitung 3 und dem Via 2 mit der Leitbahn 15 verbunden ist, durch Laserstrahlung von der Leitbahn 15 getrennt und über die Leitbahnaufweitung 5 mit der Leitung 1 verbunden werden.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Formierung von vertikalen Kontakten zwischen zwei Leitbahnen in mikroelektronischen Schaltungen mit mehr als 2 Metallisierungslagen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Materialreservoir zusätzlich zum Material der Leitbahnen für die Kontaktformierung zur Verfügung gestellt wird.
2. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Materialreservoir ein Via ist, und das Via elektrisch mit einer Leitbahn verbunden ist.
3. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mit dem Via verbundenen Leitbahnen als zusätzliches Materialreservoir dienen.
4. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß über dem Via eine mit dem Via elektrisch verbundene Metallisierung ist, die von einer darüber liegenden Metallisierung durch ein Dielektrikum isoliert ist.
5. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Metallisierungsebenen und Materialreservoir aus elektrisch leitenden Materialien bestehen.
6. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktformierung durch Laserstrahlung erfolgt.
7. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sie sich platzsparend in ein

redundant ausgelegtes Bussystem integrieren läßt und hierarchische Redundanz durch mehrfache Implementierung der Kontaktstruktur realisieren läßt.

8. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mit der Anordnung durch ein einmaliges Umschalten von Leitungen unter Anwendung von Laserstrahlung Informationen auf einem Chip vergleichbar mit einem PROM (Programmable Read Only Memory) abgespeichert werden können.

9. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens drei Metallisierungslagen erforderlich sind, die Topologie jedoch nicht auf eine bestimmte Anzahl von mehr als drei Metallisierungsebenen begrenzt ist, da der untere Teil der Anordnung, bestehend aus der elektrischen Verbindung von unterer Metallisierung, Via und mittlerer Metallisierung beliebig oft durch eine darunter liegende Kombination von Via und Metallisierung ergänzt werden kann.

10. Vertikale Kontaktstruktur nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß auch mehr als zwei Leitbahnen in den Leitbahnaufweitungen enden können und so hierarchische Redundanz implementiert werden kann.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1A

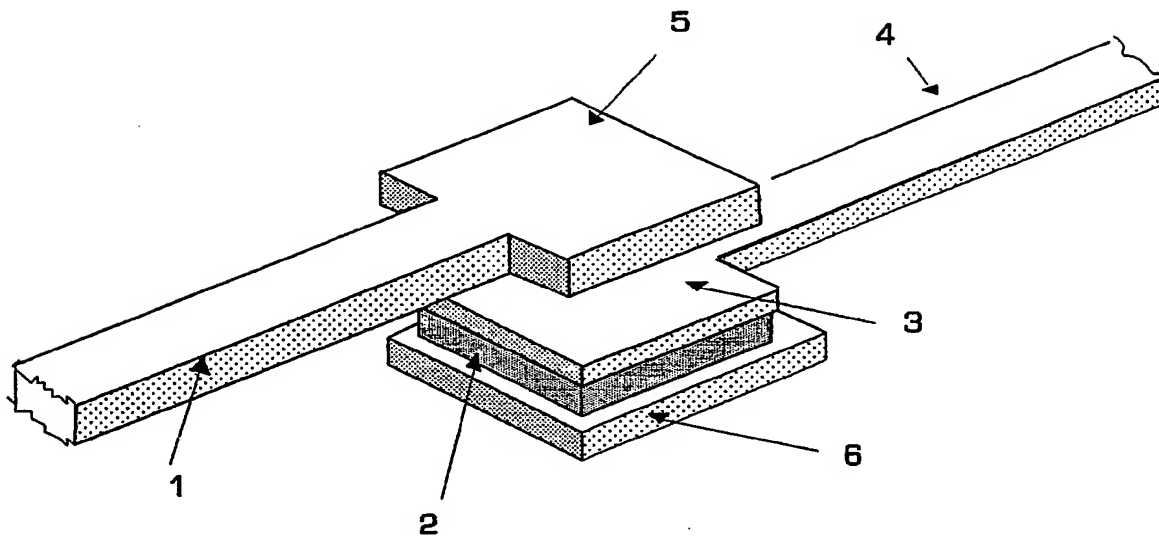


FIG. 1B

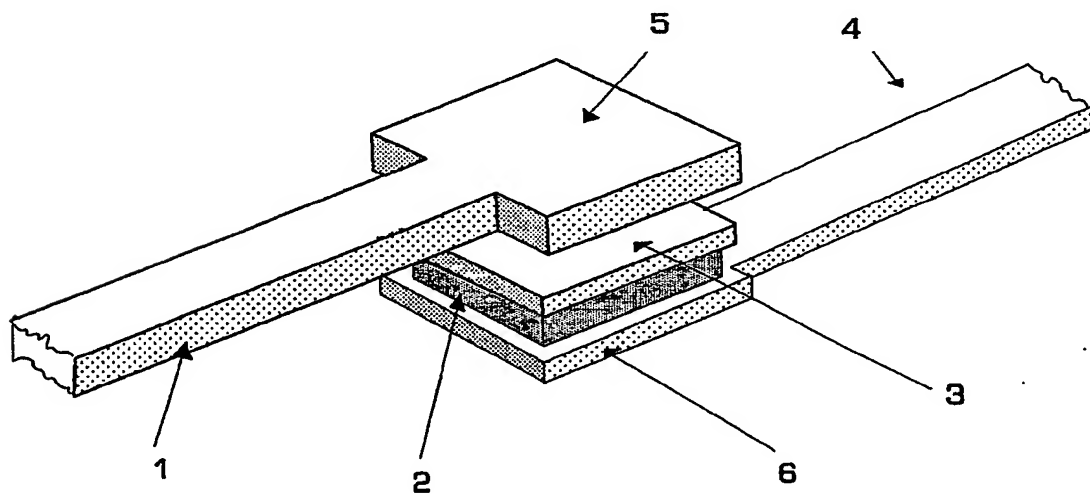


FIG. 2A

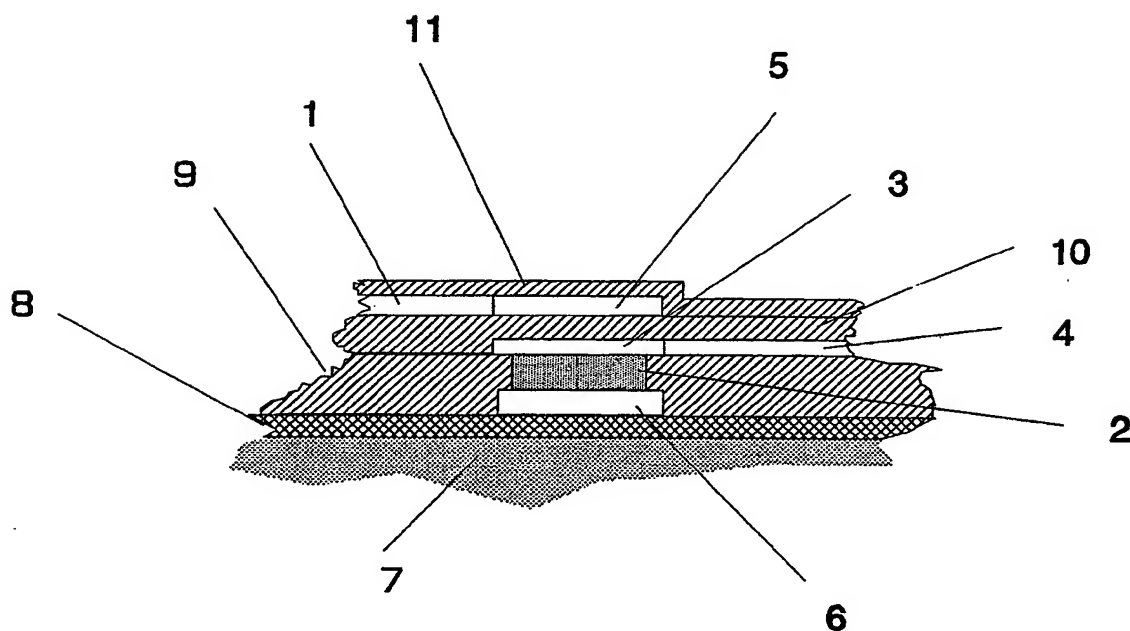


FIG. 2B

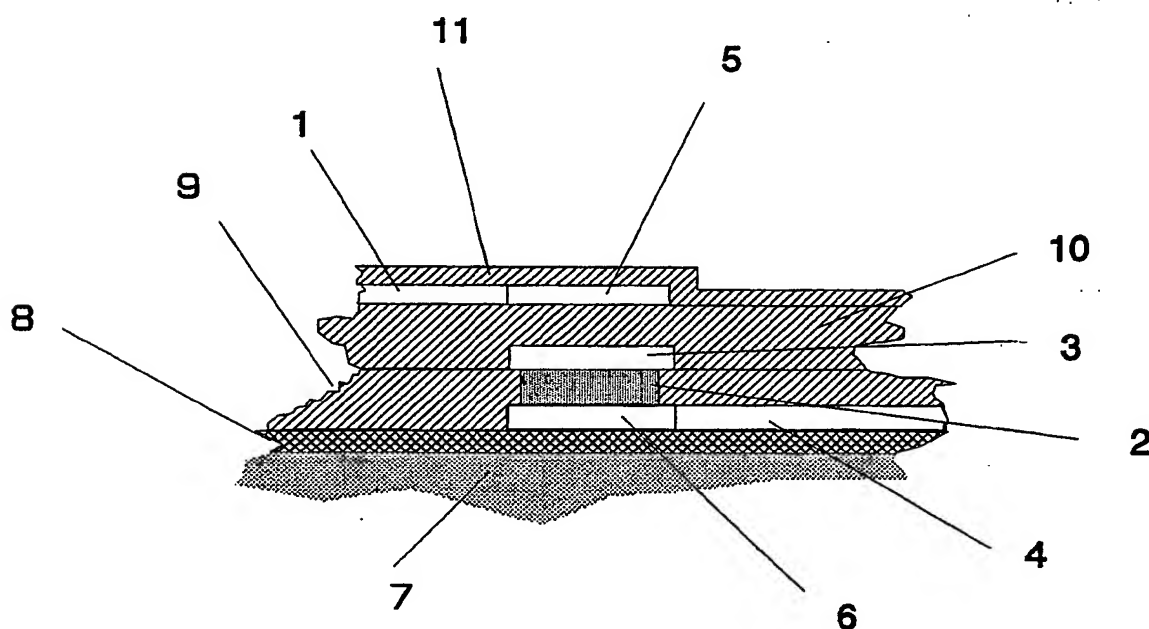


FIG. 3A

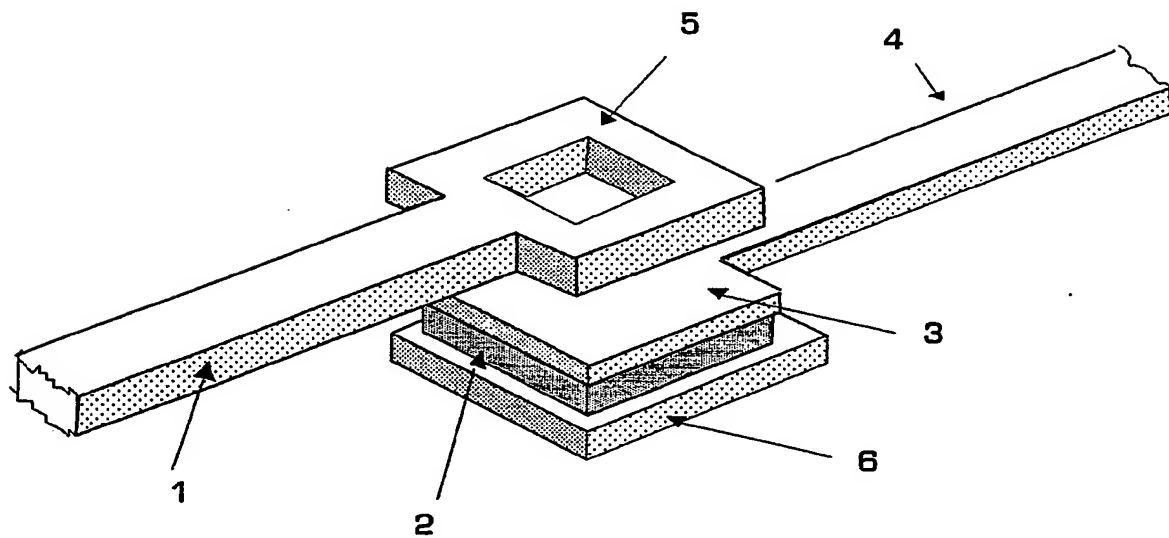


FIG. 3B

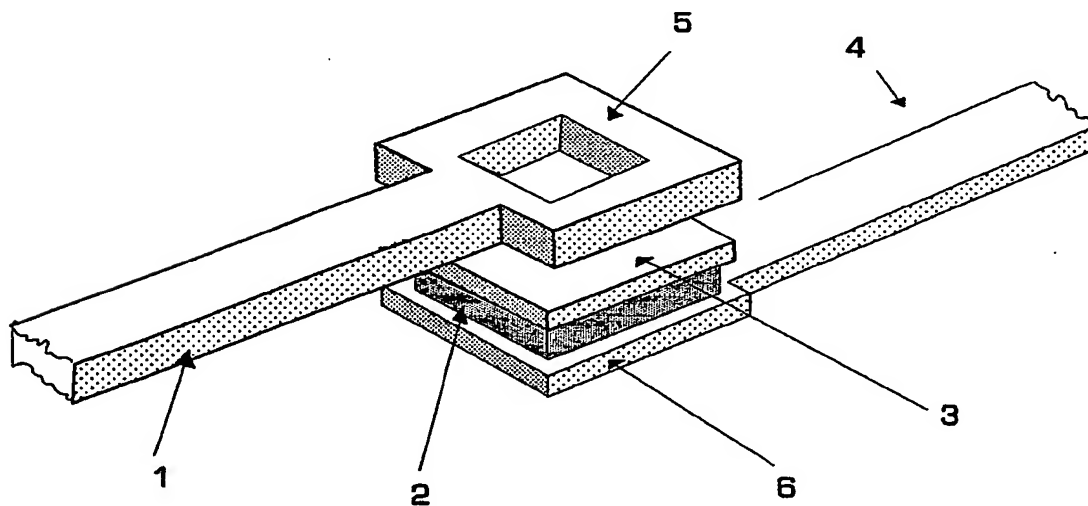


FIG. 4A

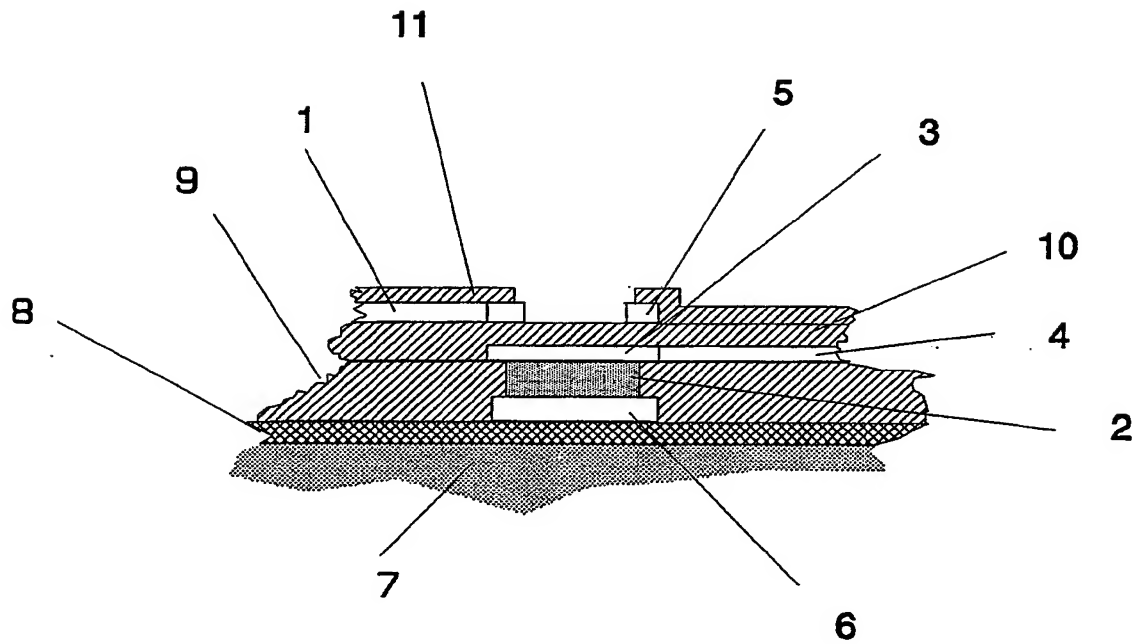


FIG. 4B

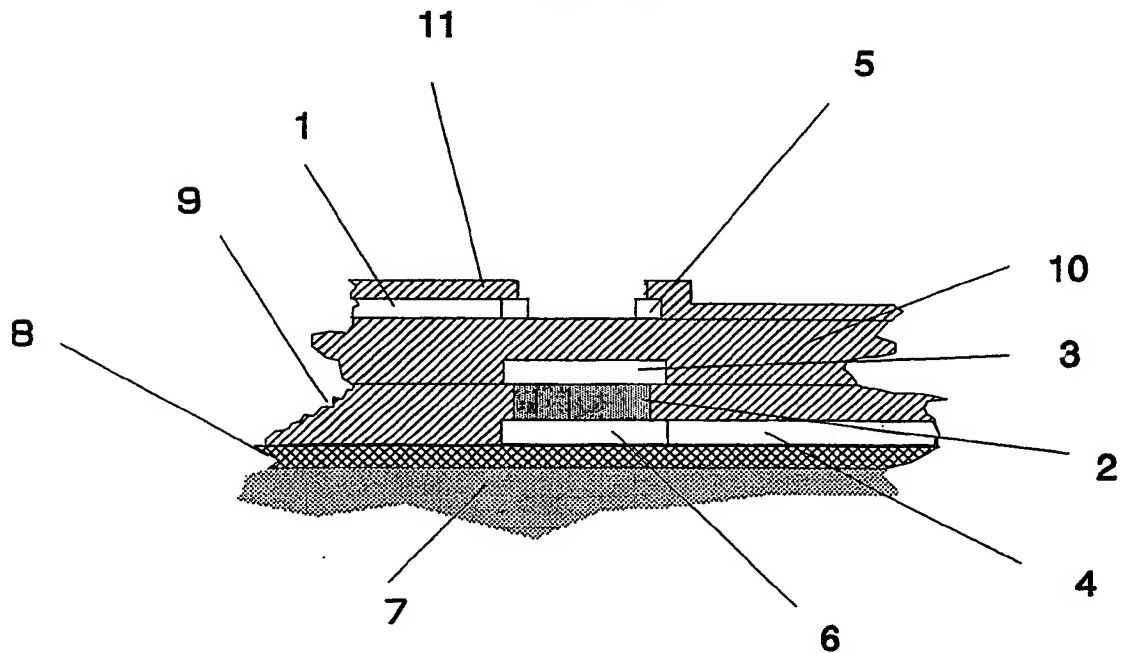
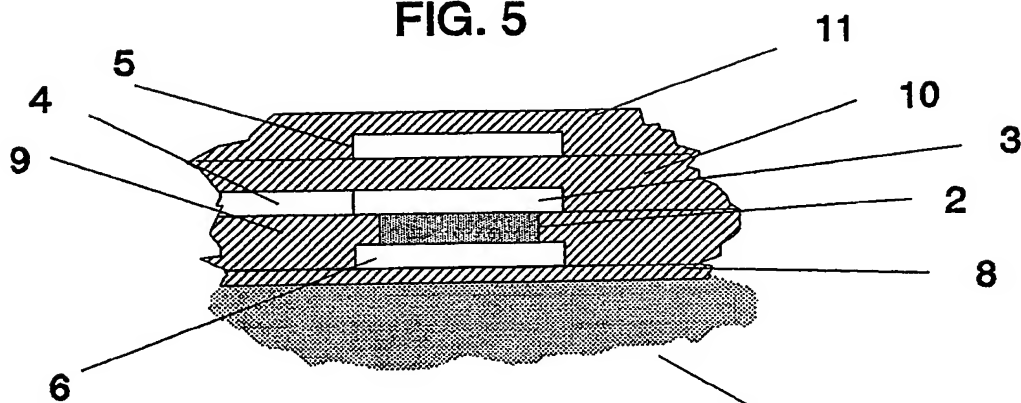
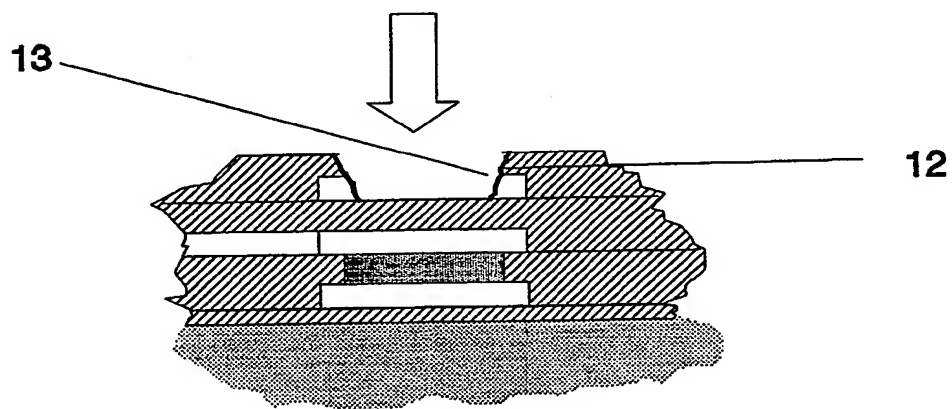


FIG. 5



1. Stufe



2. Stufe

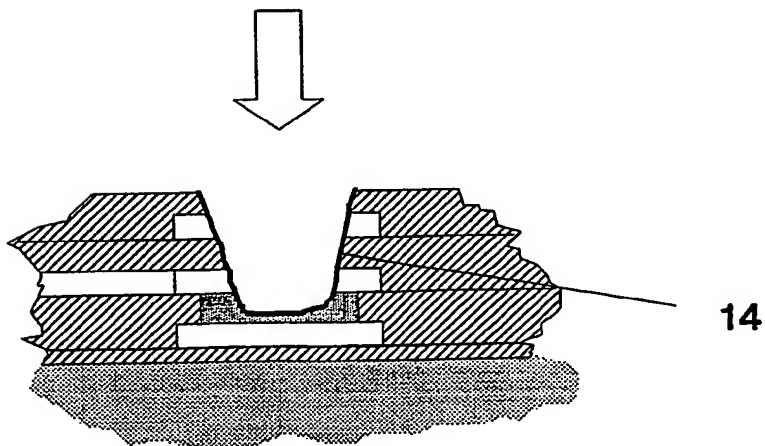


FIG. 6

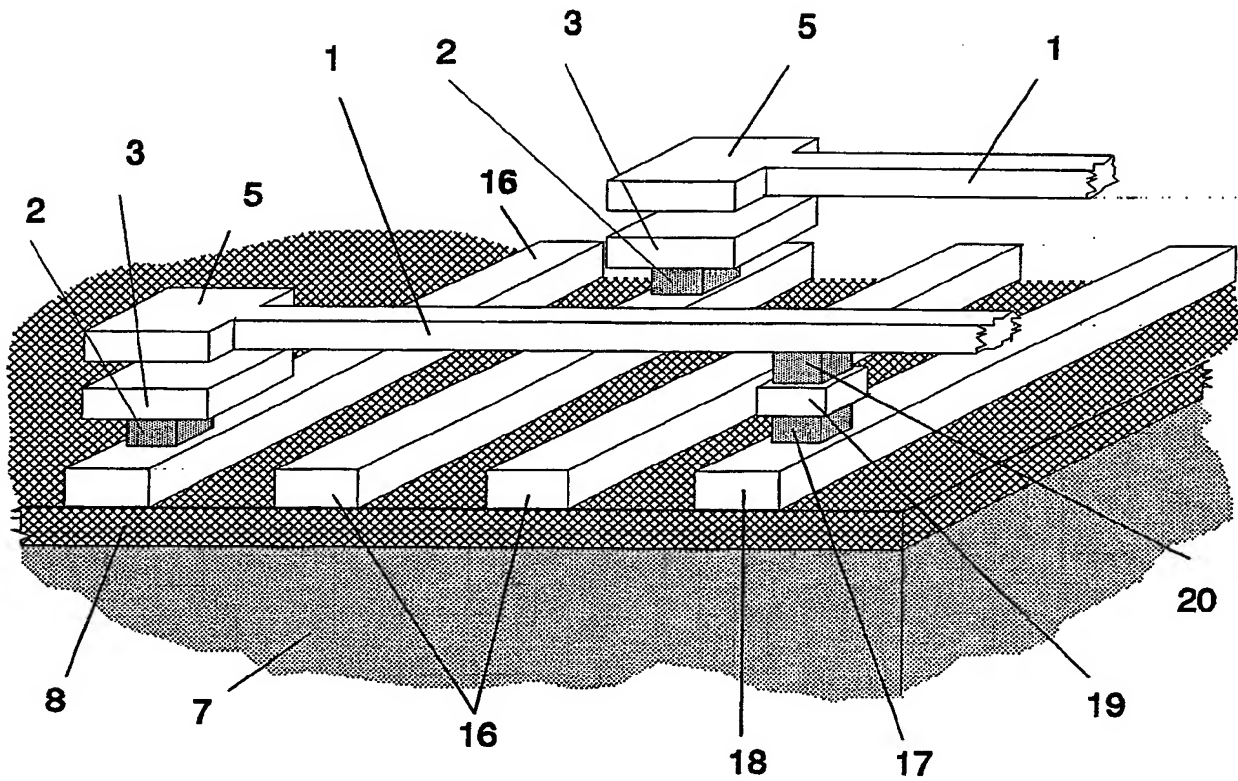


FIG. 7

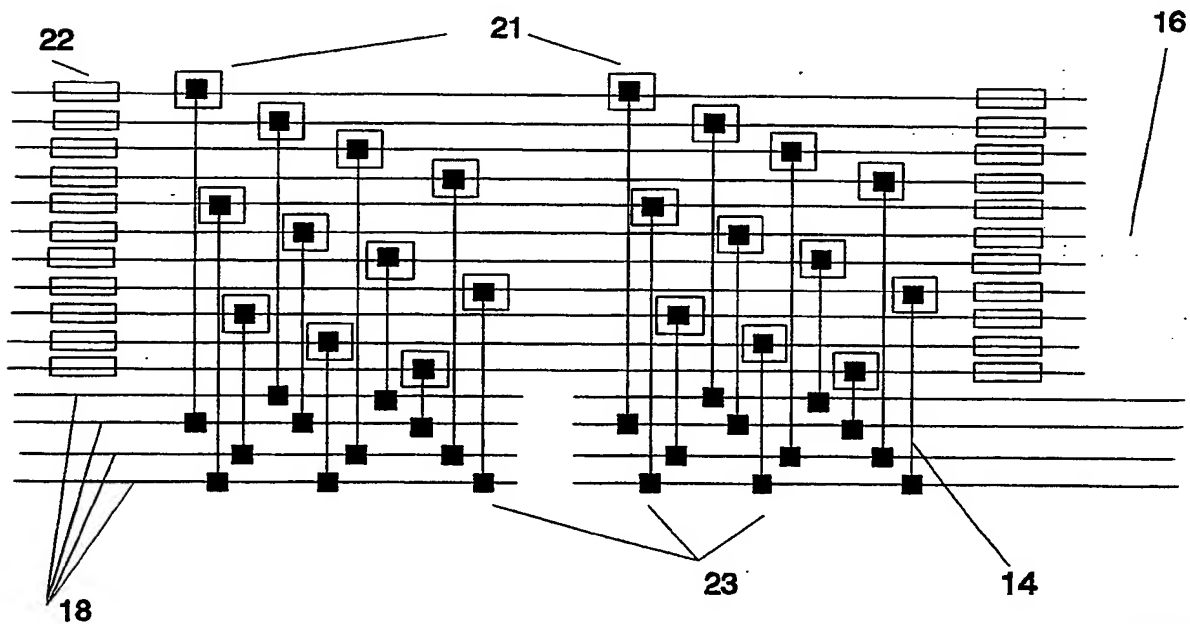


FIG. 8

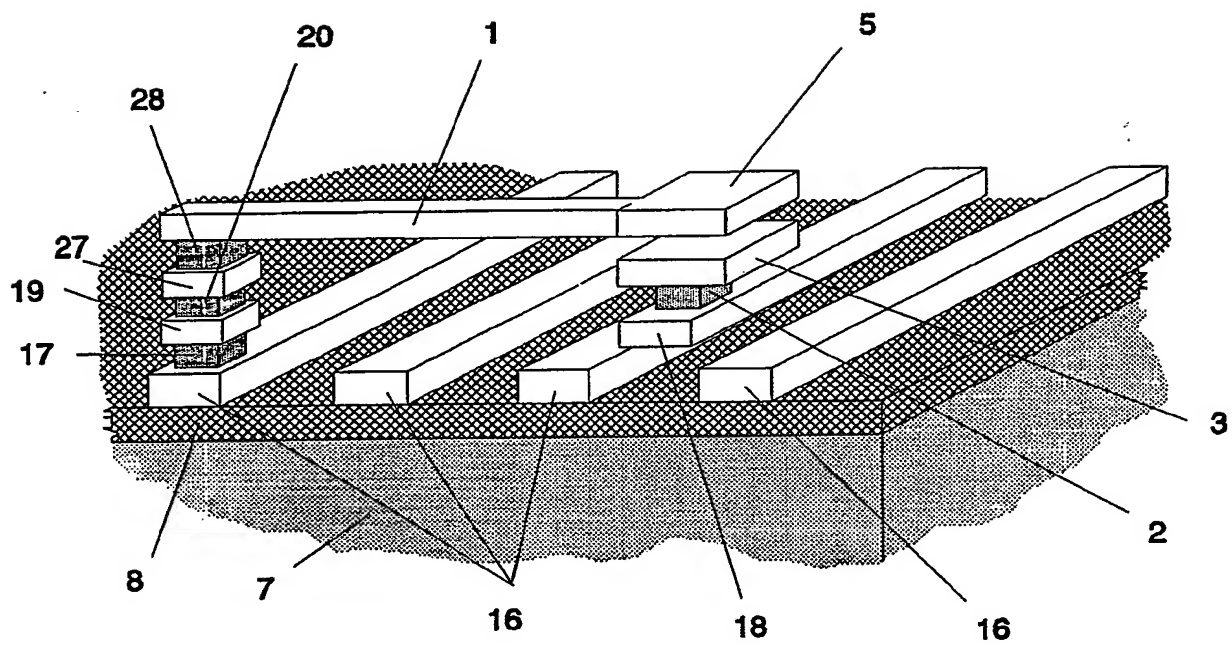


FIG. 9

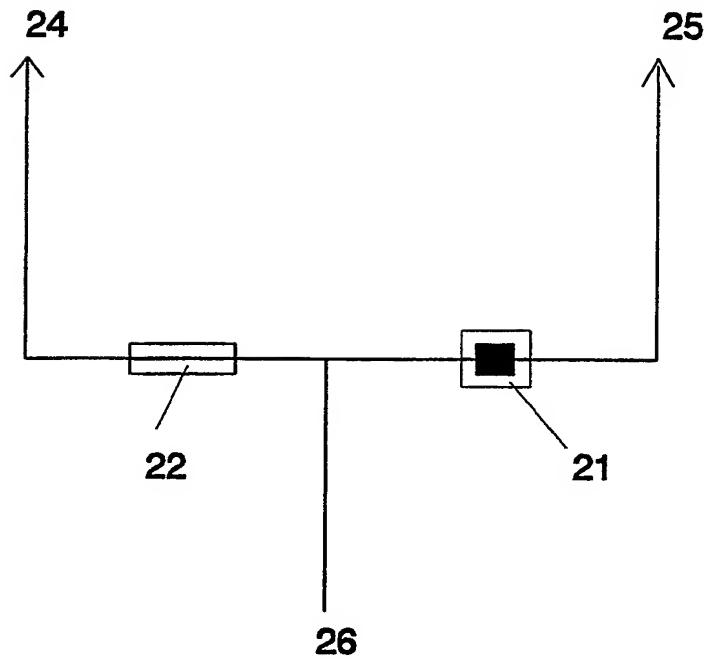


FIG. 10

